

Die Sekundärdentinanlagerung unter
großen Amalgamfüllungen mit und ohne
Unterfüllung

Siegfried Jagella

1960

Aus der konservierenden Abteilung
Vorstand: Professor Dr. Dr. Maria Schug - Kösters
der Klinik für Zahn- Mund- und Kieferkrankheiten der Universität München
Direktor: Professor Dr. Dr. Josef Heiss

DIE SEKUNDÄRDENTINANLAGERUNG UNTER GROSSEN
AMALGAMFÜLLUNGEN MIT UND OHNE UNTERFÜLLUNG

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Siegfried Jagella
aus
Mühldorf/Inn

1960

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent: Fr. Professor Dr. Maria Schug-Kösters

Dekan: Professor Dr. Dr. Hermann Eyer

Tag der mündlichen Prüfung: 13. Dezember 1960



UNI-Druck, München 13, Amalienstraße 85

D I S P O S I T I O N

A: Vorwort - Problemstellung

B: Literaturstudien:

- I. Morphologie und Genese des Sekundärdentins
- II. Amalgameinwirkungen auf die Zahnhartsubstanzen
- III. Amalgameinwirkungen auf die Pulpa

C: Eigene Untersuchungen bezüglich der Sekundärdentinanlagerung unter großen Amalgamfüllungen

- I. Methode
- II. Ergebnisse
- III. Vergleiche der Untersuchungsergebnisse mit der in- und ausländischen Literatur

D: Diskussion: Kritischer Ausblick auf die praktische Bedeutung

E: Zusammenfassung

F: Literaturnachweis



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554034_0022

A: VORWORT - PROBLEMSTELLUNG

"Es wird sich wahrscheinlich herausstellen, daß die leichtsinnige Einführung des Amalgams als Zahnfüllungsmaterial eine arge Versündigung an der Menschheit war!"

Dieser prophetische Satz aus dem Munde des Chemikers Stock im Jahre 1926, wie Meyer (1) sagt, "durch seine als Berufskrankheit aufzufassende Merkurial-Intoxikation" veranlaßt, gab zum Problem der Amalgamfüllung den Anstoß zu einer Vielzahl von Untersuchungen der mannigfachsten Art. So wurden die chemischen und physikalischen Eigenschaften dieses unedlen Werkstoffes, seine Zubereitung, seine Verarbeitung, seine Auswirkungen auf die Pulpa, die Zahnhartsubstanzen und das Parodontium in langwieriger, mühevollster Kleinarbeit peinlichst geprüft. In oft hitzigen Streitgesprächen und Veröffentlichungen der namhaftesten Professoren aller Länder zog das Für und Wider die Amalgamfüllung weite Kreise bis in unsere Tage.

Aus diesem weiten Arbeitsfeld soll nun eine spezielle Wirkung des Amalgams besonders beleuchtet werden. An Hand von Zahnschliffen soll untersucht werden, ob unter Amalgamfüllungen ohne isolierende Unterfüllung vermehrt Sekundärdentinanlagerung gegenüber solchen mit Unterfüllung festzustellen ist oder ob es sich etwa umgekehrt verhält.

B: LITERATURSTUDIEN

I. Morphologie und Genese des Sekundärdentins

Bevor die Auswirkungen des Amalgams auf die Sekundärdentinanlagerung untersucht werden, müssen letztere von genetischer und morphologischer Seite betrachtet werden, um unter der Vielzahl der pathologischen und physiologischen Ursachen, die zur Bildung von sekundärem Dentin führen können, die Wirkung des Amalgams unterscheiden und richtig beurteilen zu können. Wenn der Zahn zwar durchgebrochen und in die Kauebene eingestellt ist, dann ist sein innerer und auch sein äußerer Bau jedoch nicht beendet. Außen wird das Zement zeitlebens durch Auflagerung neuer Schichten verdickt, innen wird weiter Dentin abgelagert. Das in der Entwicklungsperiode des Zahnes gebildete Dentin nennt man das primäre, das später entstandene das sekundäre oder aber infolge des unregelmäßigen Verlaufs der Gestalt und der Zahl der Kanäle das irreguläre Dentin. Obwohl nun Meyer der Meinung ist, daß eine einheitliche Klassifizierung der Morphologie in dem oft vielgestalteten, turbulenten Durcheinander der Kanäle kaum möglich sei, hat es doch an derartigen Versuchen im Laufe der Zeit nicht gefehlt.

Die bekannteste seiner Art dürfte wohl die Unterteilung von Reich (2) sein, die er 1906 in seiner Habilitationsschrift veröffentlichte. Er teilt das Sekundärdentin in solches I., II. und III. Ordnung ein. Das irreguläre Dentin I. Ordnung ist durch deutliche Knickung bzw. seitliche Verschiebung der Dentinkanälchen charakterisiert. Die II. Ordnung ist entweder gekennzeichnet durch auffallend starke Torsion, häufig ohne jegliche Knickung oder gleichzeitige Zwischenlagerung neuer Kanälchen oder aber durch Abbiegung oder Verbiegung der Kanälchen mit deutlicher Entwicklung von Seitenästen. Bei der III. Ordnung besteht die Störung vor allem in der Einbeziehung bzw. dem Verlust der Odontoblasten, in der hochgradigen Verminderung der Kanälchen und starker Zunahme der Grundsubstanz sowie in der Verengung und Verödung der Kanälchen. In der Dissertation von Simon (3) werden weitere Autoren erwähnt. So macht Bödecker (4) noch umfassendere Einteilungen. Die 1. Form entspricht der I. Ordnung von Reich, während bei der 2. Form eine lamelläre Grundsubstanz auffällt. Weiterhin findet man hier Zwischenräume, die mit Protoplasma gefüllt sind. Die Dentinkanälchen zeigen keine Unterbrechung vom Primär- zum Sekundärdentin. Die seltenste Form ist das Osteodentin, bei welchem man gestieltes und gleichmäßiges unterscheidet. Die Bezeichnung wurde wegen der großen Ähnlichkeit mit Knochengewebe eingeführt. Das Osteodentin zeigt keine

Dentinkanälchen; jedes System hat vielmehr in der Mitte einen Markkanal, in dem Protoplasmakörper zu finden sind. Reich hat darin sogar Kapillaren sehen können, die er bis in die Pulpa hinein verfolgen konnte. Um die Kanälchen herum sieht man ein ziemlich gleichmäßiges System von Lamellen, welche von zarten strahlenförmigen Kanälchen durchbrochen sind.

Weitaus komplizierter, aber auch interessanter ist nun die Genese des Sekundärdentins. Ohne daß äußere Reize dafür verantwortlich gemacht werden könnten, findet man an einigen Stellen der Pulpenwandung vermehrten Anbau von sekundärem Dentin, so daß man hier von Prädispositionsstellen sprechen kann: Bifurkation bei mehrwurzeligen Zähnen, Eingang zum Wurzelkanal und Pulpendach. Im übrigen ist das in seiner Struktur unregelmäßige sekundäre Dentin auch unregelmäßig, was sein Vorkommen betrifft. Man kann kein System dafür finden, nach dem es möglich wäre, einem Individuum oder einem Zahn, die mehr oder minder starke Ablagerung von Sekundärdentin zuzusprechen, soweit dies natürlich ohne einen äußeren Reiz geschieht. Fischer (5) sagt, diese Anlagerung sei das Produkt feinsten chemischer Vorgänge, die im Zusammenwirken von Pulpa und Wurzelhaut entstehen. Csernyei (6) und Eggers-Lura (7) haben ebenfalls darauf besonders hingewiesen. Das Gefäßsystem sei der Träger dieser Vorgänge, die von nervalen Reizen ausgehen, welche vom Gesamtorganismus mit seinen unerschöpflichen Möglichkeiten somatischer und psychischer Natur ständig zur Verfügung stehen. Hieraus geht nach Fischer die primäre Stellung des vegetativen Nervensystems hervor. Die Nervenfasern beeinflussen jede einzelne Kapillarschlinge gesondert und können somit getrennt zur Auswirkung kommen. Die nervale Leitungsbahn aber muß von einer inneren Organisation gelenkt werden, wenn sie für jede einzelne Endphase eine besondere Leistung zu entwickeln vermag, so sagt Csernyei, könne nach den neuen Erkenntnissen der Neuralpathologie nicht verwundern. Auch Ricker (8) ist in seiner Arbeit der Meinung, daß die Strombahn der Gefäße zum Träger dieser Reize wird.

Diese Anlagerung von Sekundärdentin erfolgt also durch mittelbare Reizung der Odontoblasten. "Vielfach wird die Kaufunktion dafür verantwortlich gemacht, wobei aber zu bedenken ist, daß auch retinierte Zähne sekundäres Dentin in nicht unerheblichem Ausmaß aufweisen können" (Meyer).

Nun gibt es auch die Sekundärdentinbildung infolge unmittelbarer Reizung der Dentinausläufer der Odontoblasten. Dieses Reiz- oder Ersatzdentin ist dem ohne erkennbaren Grund entstandenen Dentin meist völlig gleich. Es entsteht infolge der verschiedensten chemischen und physikalischen Reize, welche die durch

Abrasion, Karies oder Präparation freigelegten Fortsätze der Odontoblasten treffen oder durch Difusion direkt auf die Pulpazellen wirken. Hierbei spielt natürlich nicht nur die Qualität, sondern auch die Quantität des Reizes eine Rolle.

Nach Simon ist es (Hunter, Prochaska und Jourdain) schon im 18. Jahrhundert aufgefallen, daß es trotz stärkstem Substanzverlust in der Regel nie zur Eröffnung des Pulpenraumes gekommen ist, der betreffende Zahn aber seine Vitalität behielt. Diese Gedanken griff Tomes auf und stellte die ersten histologischen Untersuchungen darüber an, die von Reich als erstem ausführlich beschrieben wurden. Nach einer Arbeit von Zerosi (9) kommt es zur Ausbildung der Odontoblasten durch eine Differenzierung der Mesenchymzellen der Zahnpulpa. Dieser Vorgang spielt sich am Gipfel der Papille ab. Im Verlauf der Funktion verschwinden die peripheren Odontoblasten; aus dem Pulpenmesenchym bildet sich eine neue Schicht der Zahnbeinbildner. Nach einem Reiz kommt es schon nach 30 Tagen zu einer deutlichen Sekundärdentinbildung. Va it kus (10) schreibt von zwei Theorien der Sekundärdentinbildung, der Irritationstheorie und der Odontoblastenschädigungstheorie:

- a) Erstere besagt, daß durch Reizung auf dem Wege über die Tomes'schen Fasern die Pulpa angeregt wird. Nach der Auffassung von v. Korff und Urban spielen die Odontoblasten aber nur eine untergeordnete Rolle. Ihre Aufgabe besteht in der Bildung von Tomes'schen Fasern, deren sensibler Versorgung und Ernährung. Die Grundsubstanz bilden bindegewebige Elemente der Pulpa. Voraussetzung ist die Umwandlung argyrophiler Fasern in kollagene Masse. So kann sich nach O. Müller Sekundärdentin bilden, wenn auch keine Odontoblasten vorhanden sind; es entsteht so Fibrillendentin.
- b) Diese Theorie beschreibt vor allem Gottlieb (11). Danach werden die Tomes'schen Fasern durch irgendwelche Traumen so geschädigt, daß die Odontoblasten degenerieren. Diese Schicht wird dann auch mehr oder weniger beseitigt, so daß das Pulpengewebe näher an das Primärdentin herankommt und so eher Dentin deponieren kann. Für die Ablehnung der Irritationstheorie führt er die Tatsache an, daß die erste Schicht des Sekundärdentins sehr arm an Kanälchen ist; es gibt also keine ausreichende Irritation.

Sehr interessante Versuche an Affen beschrieb E. W. Fisch (nach Simon), wobei er mit Hilfe von Methylenblauinjektion nachwies, daß der Farbstoff auf dem Lymphweg durch die Dentinkanälchen in das gesunde Dentin gelangte. Im

verletzten Dentin fehlte er jedoch. Demnach haben die Kanälchen des Sekundärdentins weder physiologisch noch anatomisch Verbindung mit dem Primärdentin. Daraus schloß er zwei Phasen der Sekundärdentinbildung; in der ersten wird sofort nach der Schädigung eine Barriere von Kalksalzen an der Öffnung der Kanälchen deponiert. Man spricht von der homogenen Zone. In der zweiten wird dann das Sekundärdentin angelagert. Diese stark verkalkte Linie ist auch von vielen anderen Autoren beschrieben worden; sie färbt sich intensiver und stellt gleichzeitig eine Kariesbarriere dar. Unterscheidet Reich zwischen physiologischem und pathologischem Sekundärdentin, so ist Fischer (13) der Meinung, daß es sich stets um eine physiologische Neubildung handle. Inaktivierte Odontoblasten gelangen zwar wieder zu ihrer früheren Tätigkeit, außerdem differenzieren sich aber auch unspezifische Pulpa-zellen zu Odontoblasten. Nach Simon konnte Fischer jedoch an Tierversuchen nachweisen, daß nicht jede Pulpa fähig ist, regenerativ zu wirken. Bei einer Sekundärdentinbildung findet man sie meist im Zustand der Atrophie oder Degeneration. Eine hervortretende Faserbildung zeigt das Bild eines grobmäschigen Netzes. Haben wir eine fortschreitende Degeneration, dann fällt eine unscharfe Gewebszeichnung und eine sehr schlechte Farbaufnahmefähigkeit der Zellen auf. Auch Williger schreibt, daß schon auf den geringsten Reiz hin die Odontoblasten reagieren, indem sie kleiner werden und sich schlechter färben. Zuerst findet man eine trübe Schwellung, dann eine degenerative Fettinfiltration bis ins Sekundärdentin hinein (Simon). Nach Münch (12) unterstützen die v. Korff'schen Fasern die Odontoblasten bei der Sekundärdentinbildung nur selten. Diese Unterstützung tritt erst dann in Kraft, wenn die Odontoblastentätigkeit nicht mehr ausreicht, einen entsprechend starken Reiz zu kompensieren. Weiter schloß er auf eine Reizleitung durch das Pulparenchym, weil auch auf den entgegengesetzten Pulpenseiten eine Ablagerung von Sekundärdentin zu beobachten sei. Kantorowicz konnte durch die Bielschowsky'sche Versilberungsmethode feststellen, daß einige v. Korff'sche Fasern von der Odontoblastengegend ausgehen und einige weitere zentral in der Pulpa entspringen. Daraus schloß auch er eine Pulpenbeteiligung von nicht individualisierten Pulpenzellen bei der Formierung der Grundsubstanz.

Das Sekundärdentin eines jugendlichen Zahnes weist mehr Ähnlichkeit mit dem primären Dentin auf, als das eines älteren, da die Leistungsfähigkeit der Pulpa mit der Zeit nachläßt. Gar nicht selten kann man nach Meyer auf irreguläres Dentin eine Schicht regelmäßiges, gut kanalisiertes aufgestockt sehen, wenn die Pulpa wieder bessere Lebensbedingungen erhält. Da die Odontoblasten aber auch nicht unbegrenzt wirken können, ist es nach Gottlieb

von der Natur so eingerichtet, daß sie sich nach der ersten Störung erholen können, um dann höher strukturiertes Dentin bilden zu können. Nach Simon lehnen Rebel und Euler dagegen eine Erholung ab. Sie meinen, es handle sich lediglich um eine Neubildung sekundärer Odontoblasten aus indifferenten Mesenchymzellen oder um Teilung primärer Odontoblasten. Orban hat Versuche mit Paraformaldehydreizen gemacht und festgestellt, daß es zur Bildung sekundärer Odontoblasten kommen muß. Diesen Vorgang stellt sich Berger so vor, daß Fibrozyten zu Fibroblasten werden und diese zu Odontoblasten; die Zellen erfahren also eine Rückdifferenzierung, die dann zu einer neuen Differenzierung in der anderen Richtung führt. Dies ist zweifellos die neueste Auffassung über die Sekundärdentinbildung.

Wie schon erwähnt, kann sich das Sekundärdentin unter dem Einfluß der Abkautung ablagern, wenn thermische oder chemische Reize durch noch dünnen Schmelz oder direkt durch das Dentin die Odontoblastenfortsätze treffen. So kann man die Pulpenhörner schon sehr früh mit sekundärem Dentin ausgefüllt sehen. Geht die Abkautung nicht zu schnell vor sich, dann wird innen etwa soviel Dentin angebaut, wie außen verschwindet. Die Leistungsfähigkeit der Pulpa ist hier von ausschlaggebender Bedeutung. Gesunde Pulpen können hier geradezu Erstaunliches leisten. So wird das Pulpenkavum immer kleiner und seine ehemalige Ausdehnung ist nur noch an einem feinen Saum zwischen primärem und sekundärem Dentin zu erkennen. Die damit verbundene Vergrößerung der Hartschubstanz bedingt eine Veränderung des Farbtones und der Transparenz.

So wie die Abrasion, stellt auch die Karies einen starken Reiz dar. Sekundärdentin wird schon in der ersten Phase der Karies, wenn äußerlich noch kein Defekt entstanden ist, abgelagert. Hier stellt das Sekundärdentin, da es die Infektion, das Eindringen der Bakterien hintanhält, einen wichtigen Schutz dar. Da diese Anlagerung nun sehr schnell vor sich geht, sind immer weniger Zellen im Stande, sich zentral zurückzuziehen. Die anderen werden, sofern sie nicht ganz verschwinden, in die überstürzt gebildete Grundsubstanz eingemauert; die Anzahl der Kanälchen nimmt somit ab (Meyer).

"Sekundärdentin kann auch auf der Grundlage degenerativer Verkalkung - meist im Sinne hyaliner Degeneration - Abszesse einer chron. Pulpitis umgeben" (Meyer).

Zum Schluß sei noch betont, daß auch jede Produktion von Sekundärdentin ausbleiben kann, wenn die Leistungsfähigkeit des Gesamtorganismus erschöpft ist, z. B. wie bei schweren Allgemeinleiden, Diabetes, Tbc. (nach Meyer).

II. Amalgameinwirkung auf die Zahnhartsubstanzen

Seit nunmehr 140 Jahren wird Amalgam als Füllungsmaterial in der ganzen Welt verwendet. 1818 empfiehlt der Chemiker Regnart erstmalig eine Metall-Quecksilber-Anreibung zur Zahnfüllung, 1825 benutzt J. L. Murphy in London und 1826 A. Taveau in Paris Feilungen von Münzsilber und Quecksilber vermischt. Trotz dieser langen Anwendungszeit weist Amalgam zweifellos nicht unerhebliche Mängel und Schwächen auf. So berichtet Essl (14) in seiner Dissertation: Statistiken zeigen, daß nach 5 und 10 Jahren nur noch 20 bis 50 % der Füllungen in einem befriedigenden Zustand sind. Genaue Untersuchungen mangelhafter Füllungen ergaben, daß z. B. eine unvollständige Kavitätenpräparation oder Stopffehler im approximalen Füllungsbereich, wie sie auftreten können, wenn ohne Matrize gearbeitet wird, die Güte der Amalgamfüllungen herabsetzen. Ebenso wirkt es sich aus, wenn aus irgendwelchen Gründen auf die Politur der Füllungen verzichtet wurde. Zur eingangs erwähnten toxischen Schädigung sagt Meyer: "Gebundenes Quecksilber der erhärteten Edelamalgamfüllungen wird im Körper nicht frei (Nowack, Loebich). Nur bei Überdosierung des Amalgams erfolgt eine geringe Quecksilberabgabe (Dieck)". Exakt hergestellte Amalgamfüllungen bilden also für den Organismus keine Gefahr. Weiterhin hat laut Rebel schon Witzel festgestellt, daß sowohl saure Stoffe, wie auch der Schwefelwasserstoff der Mundhöhle zur Verfärbung der Amalgame Anlaß geben können. Aber nicht nur die Füllung, sondern auch die umgebenden Zahnpartien fallen einer Verfärbung anheim.

Gräff (16) befaßt sich mit den verschiedenartigen Verfärbungen. Er stellt besonders das zunehmende Alter der Zähne und den Ausfall der Pulpa als ursächlich heraus.

Die zweifellos auftretende Verfärbung durch Amalgam verbietet dieses Füllungsmaterial in sichtbarem Bereich.

Massler (17) ging dieser Verfärbung auf den Grund: Er untersuchte 300 frisch extrahierte Zähne mit alten Amalgamfüllungen, stellte Schnitte und Schliffe her, untersuchte die Zahnfragmente nach Eintauchen in flüssige Luft und warmes Wasser spektral-analytisch. Er kam zu folgenden Ergebnissen: Grundsätzlich müsse man zwei Arten der Verfärbung unterscheiden: 1) bräunliche, die von Restkaries, sekundärer und rezitiver Karies herrühren und 2) grünliche bis grau-schwarze, verursacht durch Diffusion von Amalgam in das umgebende Dentin. Beide Arten kommen oft am gleichen Zahn vor. Diese Verfärbung unter alten Amalgamfüllungen wurde erstmalig von Dwinelle 1881 (18) und

Bödecker 1894 (4) beobachtet. Viele Kliniker behaupten, die Verfärbung wäre ausschließlich karies-bedingt. Kariöses Dentin ist aber weich und kann exkaviert werden, die Dentinstruktur erscheint mehr oder weniger zerstört. Die Amalgamverfärbung aber verletzt die Dentinstruktur nicht im geringsten; man sieht normale röhrenförmige Struktur. Kariöses Dentin ist im durchfallenden Licht transluzent, im Röntgenbild radioluzent, wohingegen amalgam-verfärbtes entsprechend opag bzw. radiopag ist. Bei Karies ist die normale Kanälchenstruktur verschwunden. Bei Amalgam erscheint die Verfärbung als Folge von Diffusion von farbigem Material in das Dentin. Bei starkem Ausmaß kann man fingerartig schwarze Streifen im Dentin liegen sehen. Massler fand bei 25 % der von ihm untersuchten Zähne Sekundärkaries, bei 85 % der Fälle Amalgamverfärbung. Beim Schmelz rührt die Verfärbung gewöhnlich vom Durchscheinen der Amalgamfüllung her. Von der Füllung separierter Schmelz wird aber nicht völlig weiß. Schwarze Metallteilchen kleben an seiner Unterfläche, können aber auch in der unteren Region, wie im ganzen Schmelz, eingelagert sein. Die Dentinverfärbung ist viel intensiver. Die Oberfläche war bei seinen Versuchen mit dunklen Teilchen bedeckt. Diese Verfärbung glich der durch Silbernitrat hervorgerufenen, jedoch wurde die Möglichkeit der Fällung von metallischem Silber experimentell ausgeschaltet. Von der Berührungsfläche der Füllung mit dem Dentin aus gehen Verfärbungen in Form von Wellen oder Ablegern zur Pulpa hin, von der Füllungsinnenfläche klumpige, faserige Ablagerungen. Die Intensität nimmt zur Peripherie zu ab. Diese dunklen Körner, die auch Applebaum (19) und Bödecker beobachten, blieben durch Säure unbeeinflusst und konnten durch Wasserstoffsuperoxyd nicht gebleicht werden. Spektralanalytisch fand nun Massler 0,5 bis 5 % Quecksilber mit Anteilen an Silber, Zink, Zinn und Kupfer. Damit bestätigt sich die völlige Richtigkeit der Hypothese, daß die Verfärbung das Ergebnis einer Diffusion von Metallen aus dem Amalgam in das Dentin sei. Applebaum wies an Zahnschliffen Quecksilbersulfat in den verfärbten Dentinkanälchen nach. Zweifellos ist dazu eine Energiequelle notwendig, die die Metallteilchen treibt.

So schreibt Rebel, die ganze Verfärbung sei als eine sekundäre Erscheinung der Korrosion zu betrachten. Darunter versteht man Auflösungserscheinungen an den Oberflächen von Metallen, indem das Metall oder bei Legierungen ein Bestandteil in Lösung geht. Die Korrosion ist demnach ein elektrochemischer Prozeß, der sich in Gegenwart von Säuren, Salzen und Basen abspielt. Durch Porosität, schlechte Verarbeitung und mangelhafte Politur wird der Vorgang beschleunigt. Die Korrosion ist ferner weitgehend von der Güte des Metallstückes abhängig, je nachdem, ob Metall-Legierungen, Eutektische Gemische,

Mischkristalle oder chemische Verbindungen vorliegen. Ferner spielt die Stellung der Metalle in der Spannungsreihe eine Rolle. Nun war man der Meinung, die Korrosion sei bedingt durch Verunreinigungen des Amalgams mit Feuchtigkeit oder Schweiß. Sicher fördert das die Korrosion, jedoch wies Miller (20) Verfärbungen der Zahnschubstanz nach einigen Monaten, trotz aller Maßnahmen, um die Beeinträchtigung durch Feuchtigkeit zu unterbinden, nach.

Schoonover und Sounder (21) stellten verstärkte Korrosion in all den Fällen fest, wo Amalgam direkt auf den Kavitätenboden zu liegen kam und zogen eine Schädigung des Amalgams durch Feuchtigkeit aus der Zahnschubstanz in Betracht. Weiterhin beschuldigte man den Kontakt verschiedener Metallfüllungen im Mund als Ursache der Korrosion, infolge der Ausbildung von Galvanischen Elementen. Schoonover und Sounder aber fanden, daß an der Oberfläche der Füllung manchmal Blasen auftreten, die durch Hydrogengasbildung im Inneren als Resultat der galvanischen Korrosion entstanden seien. Es wäre demnach gar nicht notwendig, daß Amalgam direkt oder auch indirekt über den Speichel mit anderen Metallfüllungen in Verbindung steht. Ganz allein in der Füllung eines Zahnes kann sich ein galvanisches Element ausbilden. Die Füllung wirkt als Batterie und Kondensator, der Zahn als Anode und Kathode der galvanischen Zelle, der Speichel als Elektrolyt. Somit ist die Verfärbung des Dentins das Resultat der galvanischen Tätigkeit; eine elektromotorische Kraft treibt die Metallionen in die Dentinkanälchen.

Diese Schlußfolgerungen konnte Massler experimentell in vitro bestätigen. In frisch extrahierte, nicht kariöse Zähne wurde eine gewöhnliche okklusale Kavität präpariert. Jede Kavität wurde in der üblichen Art und Weise mit Silberamalgam gefüllt und eine Elektrode aus Nickel - Silberdraht in das Amalgam eingebettet. Der Pulpenkanal wurde vergrößert, um das Anbringen einer zweiten Elektrode zu ermöglichen, die in Baumwollfasern, getränkt mit physiologischer Kochsalzlösung, eingelassen wurde. Ein Ring von isolierendem Ceresinwachs wurde um den Mittelteil des Zahnes gelegt, um einen Stromverlauf entlang der Oberfläche des Zahnes zu verhindern. Hierauf wurden die Elektroden an eine Trockenbatterie angeschlossen. Der elektrische Strom wurde verschiedene Zeitspannen lang durch das Zahnmodell geleitet, wonach die Zähne für kurze Zeit in achtprozentige ammoniakalische Schwefelwasserstofflösung eingetaucht wurden. Sie wurden hierauf gespalten, untersucht und geprüft wie vorher. Als Resultat fand man eine typische grün-schwarze Verfärbung unter der Amalgamfüllung, die, soweit festgestellt werden konnte

te, genau derjenigen in vivo entsprach. Die Quelle der Sulfide, die zur Metallsulfidbildung führen, ist seiner Meinung nach unbekannt, wahrscheinlich kommen sie vom Speichel. Applebaum's Meinung von einer inneren Quelle der Sulfide konnte er in vitro nicht bestätigen, da die Aufnahme von Metallionen in das Dentin erst nach Verwandlung in Sulfide geschah. - An Zähnen mit Unterfüllung war keine galvanische Tätigkeit und keine Verfärbung anzutreffen.

III. Amalgameinwirkungen auf die Pulpa

In diesem Kapitel soll nur die Wirkung des Amalgams in direktem Kontakt mit dem Pulpengewebe besprochen werden, da die Veränderungen unter Amalgamfüllungen mit mehr oder minder starker Dentinzwischen-schicht noch an anderer Stelle ausführlich zu besprechen sein werden.

Die folgenden Ausführungen werden sich im wesentlichen auf eine sehr aufschlußreiche Arbeit von dem Ungarn Hattyaşy (22) aus dem Jahre 1931 stützen. Um die Wichtigkeit und Berechtigung seiner Versuche zu erläutern, geht er zuerst ganz kurz auf die anatomischen Gegebenheiten ein. Die Pulpa ist ein äußerst sensibler Teil des Organismus, da sie starr eingeschlossen und nur durch das enge Foramen apikale mit Nerven und Gefäßen versorgt wird. Infolge des Fehlens der kollateralen Blutzirkulation führen entzündliche Prozesse leicht zum Untergang der Pulpa. Die entzündlichen Vorgänge in der Pulpa nun sind fast ausschließlich Folgen der Karies. Aufgabe des Zahnarztes ist es, mit der Karies auch die entzündlichen Veränderungen der Pulpa zu beseitigen, das heißt durch geeignete Mittel die Vitalität der Pulpa zu erhalten. Nun kann es in der stomatologischen Praxis vorkommen, daß bei der Kavitätenpräparation, die in Infiltrationsanaesthesie vorgenommen wird, zufällig ein Pulpenhorn verletzt wird, das infolge der Adrenalinwirkung nicht blutet und so evtl. unbemerkt bleiben kann.

Aus diesem Gesichtspunkt heraus stellte Hattyaşy seine Versuche mit Hunden an. Nach subcutaner Injektion von Morphinum hydrochloricum präparierte er den Tieren an gesunden Zähnen Kavitäten mit punktförmig eröffneten Pulpen. Zu diesem Zwecke verwandte er sowohl Front- als auch Seitenzähne. Hierauf legte er ohne jegliche andere Maßnahmen unterschiedliche Füllungsmaterialien. Nach verschiedenen langen Reaktionszeiten wurden die Versuchstiere mit Morphinum-Chloroform getötet. Die entsprechenden Kieferteile hat er nach dem Tode sofort

in Heidenhain'sches Susa-Fixier getan und sie etwa 24 - 48 Stunden darin belassen. Hierauf wurden sie mit 5 %iger Salpetersäure bzw. 5 %iger Trichloressigsäure entkalkt. Die Einbettung erfolgte in Celloidinparaffin, worauf man Schnitte von 7 - 18 mm Stärke anfertigte. Die Färbung nahm man nach verschiedenen Methoden vor. Aus dieser Untersuchungsreihe soll nun die Wirkung des für unsere Betrachtungen wichtigen Amalgams herausgegriffen werden.

Die ersten Untersuchungen nahm Hattayas schon nach einer Woche vor, d. h. er analysierte mikroskopisch die Veränderungen der Pulpa nach einwöchigem Belassen der Amalgamfüllungen. Hierbei kam er zu dem Ergebnis, daß die Pulpa völlig vital war, allerdings eine starke Hyperaemie aufwies. Weiterhin sah er einige interstitielle Blutungsherde und in der Odontoblastenschicht stellenweise retikuläre Atrophie. Unter Füllungen, die zwei Wochen alt waren, fand er schon ausgeprägtere Veränderungen. So beobachtete er ein halbkreisförmiges Verschwinden eines Teiles der Pulpa. Gegen die Lücke zu hatte sich eine Art Abgrenzung, ein Wall von Zellen, nämlich Plasmazellen sowie Lymphozyten und neuen mesodermalen Zellen gebildet. Die Hyperaemie hatte sich zu einem dichten Netz von Kapillaren erweitert. Ferner beobachtete er ein Plattwerden der Odontoblasten mit verletztem Fortsatz sowie reticuläre Atrophie des Pulpengewebes und insgesamt ein markantes Hervortreten der zellulären Bestandteile der Pulpa, wobei er zwei spezielle Arten unterschied:

1) atrophische Felder wechselten mit faserreichen. Letztere waren serös durchtränkt. 2) die ganze Pulpa war serös durchtränkt und wies im Gewebe liegende Fremdkörper auf, bei denen es sich wahrscheinlich um Amalgam handelte. Bemerkenswert ist hierbei, daß die regressiven Veränderungen (Atrophie) gerade so, wie auch die progressiven (Reizdentin, Faserbildung) von demselben Reiz hervorgerufen werden. So bilden die Odontoblasten z. B. an Stellen, wo sie der Füllung am nächsten sind, eine Art organische Barriere aus irregulärem Dentin, womit sie die Dentinkanälchen gegen die Füllungen schließen. Die Veränderungen nach fünf Wochen waren ähnlich. Die Pulpa war am Leben und die Odontoblasten waren relativ gut erhalten. Jetzt allerdings fand er in dem Zahnmark schon große Amalgamklumpen. Nach acht Wochen war die Hyperaemie stark zurückgegangen. Um den Eröffnungspunkt hatte eine reaktive Dentinbildung stattgefunden. Die Odontoblasten hatten aber ihren Charakter verloren, so daß man abgeplattete Zellen traf. Weiter entfernt von der Trepanationsstelle waren die Odontoblasten teilweise gut erhalten.

An Hand dieser Untersuchungen kann also zusammenfassend gesagt werden, daß exponierte Pulpen unter Amalgam bis zu acht Wochen lebend bleiben und dabei interessante histologische Veränderungen erfahren. Sie sterben früher oder später ab, wobei in der Praxis Hattasy von Fällen mit Pulpitis erst nach Jahren berichtet. Er fand abgestorbene Pulpen mit - wohl als Folge einer Infektion - und ohne apikale Veränderungen. Das Absterben ist seiner Meinung nach bei steriler Arbeit wahrscheinlich als Folge der starken Zirkulationsstörungen anzusehen.

C: EIGENE UNTERSUCHUNGEN BEZÜGLICH DER SEKUNDÄRDENTINANLAGERUNG UNTER GROSSEN AMALGAMFÜLLUNGEN

I. Methode

Die erste Aufgabe bestand darin, möglichst viel Material, d. h. extrahierte Zähne mit großen Amalgamfüllungen, zu beschaffen. Hierbei wurden die Zähne zur Fixierung und Konservierung der Pulpa möglichst sofort nach der Extraktion in 5 %ige Formalinlösung gelegt. Hierin wurden sie in der Regel einige Wochen belassen, sodann Zahnschliffe angefertigt. Zu diesem Zweck genügte eine einfache Drehscheiben-Schleifmaschine der Firma Bauknecht aus Stuttgart. Sie ist mit einem Einphasen-Motor mit 50 PS ausgestattet und entwickelt 1 500 und 3 000 Umdrehungen pro Minute. Um nun die Amalgamfüllungen beim Schleifvorgang an Ort und Stelle zu erhalten, wurde eine Schliffstärke von durchschnittlich 4 mm belassen. Versuchsweise wurden dann auch einige Dünnschliffe mit einer Stärke von etwa 0,5 mm angefertigt, um die Dentinstruktur besser zu erkennen. Diese Ergebnisse konnten aber nicht befriedigen.

Die erhaltenen Schliffe wurden nun vor allem bezüglich der Stärke der Sekundärdentinanlagerung unter den Füllungen mit und ohne isolierende Unterfüllung untersucht, es wurde aber auch auf Verfärbungen sowie rezitive und sekundäre Karies eingegangen. Die Veränderungen des Pulpengewebes wurden nicht näher untersucht. Aus diesen Gründen waren von den Zähnen Längsschliffe angefertigt und die Schliffflächen so gelegt worden, daß möglichst der tiefste Punkt der Füllung - die das Zahnmark deckende Dentinschicht also möglichst dünn - und das darunterliegende Pulpengewebe getroffen wurden. Die Untersuchungen wurden mit einem bin-ocularen Aufsichtsmikroskop der Firma Ernst Leitz aus Wetzlar vorgenommen und die 20- und 30-fache Vergrößerung gewählt.

Zum Zwecke der Illustration wurde sodann versucht, die Schliffe zu photographieren. Hierzu diente die Exakta-Varex, eine Spiegelreflex-Kleinbildkamera der Firma Ihagee, Dresden und zwar des Modells VX, das mit einem Tessar-Objektiv 1 : 3,5, Brennweite 5 cm, ausgestattet ist. Mit einigen Vorsatzlinsen wurde sodann eine Gegenstandsweite von 9,5 cm und eine Bildweite von 10,5 cm erzielt, was einem Maßstab von 1,1 entspricht. Die Schliffe wurden auf dunklen Untergrund gelegt und von zwei Seiten mit je einer

500 Watt Glühlampe bestrahlt. Da zu diesen Aufnahmen ein empfindlicher Film notwendig ist, war ein Adox KB 14 gewählt worden.

Für die Positive, die im Format 6 : 9 hergestellt wurden, waren erst eine ganze Reihe von Versuchen mit den verschiedensten Vergrößerungspapieren notwendig, um das optimalste Ergebnis herauszuholen. Schließlich bewährte sich Brovira Brillant Spezial weiß glänzend, Carton BS 111 W der Agfa-Aktiengesellschaft aus Leverkusen am besten.

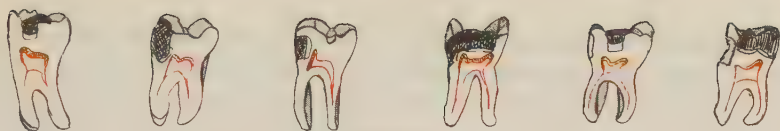
In der Zwischenzeit wurden die Schliffe weiterhin in 5 %iger Formalinlösung aufbewahrt.

II. Ergebnisse

Wie aus dem vorangegangenen Kapitel zu ersehen ist, wurden die Erkenntnisse aus der mikroskopischen Untersuchung von Zahnschliffen gezogen. Als Material standen hierzu insgesamt 55 Zähne mit 66 Amalgamfüllungen zur Verfügung. Von diesen wiesen allerdings 12 eine Wurzelfüllung, eine Amputation oder eine direkte Überkappung unter der Amalgamfüllung auf. So dezimierten sich die Zahnschliffe; es konnten nur noch 54 Füllungen ausgewertet werden. Bemerkenswerterweise fand sich nur unter 16 Füllungen eine isolierende Unterfüllung, dagegen 38, also weit über die Hälfte, keinen derartigen Pulpenschutz aufwiesen. Bei der Untersuchungsreihe wurde nun, dem Thema der Arbeit zufolge, das Hauptaugenmerk auf die Sekundärdentinanlagerung gelegt, aber auch auf die Frage der Verfärbung der Zahnschichten, sowie dem Auftreten sekundärer, beziehungsweise rezitiver Karies eingegangen. Die nun folgende kleine Übersicht soll die Befunde zahlenmäßig darstellen, wobei die einzelnen beobachteten Momente noch in einige Unterabteilungen je nach dem Ausmaß des Befundes gegliedert wurden. In der Spalte I sind die 16 Füllungen mit, in Spalte II die 38 ohne Unterfüllung angeführt und aufgeteilt.

		I.	II.
<u>Verfärbung des Zahnes:</u>	keine	8	4
	geringe	4	21
	starke	4	13
<u>Sekundärkaries-Kariesrezitiv:</u>	keine	6	15
	geringe	7	15
	starke	3	8
<u>Sekundärdentinanlagerung:</u>	keine	4	4
	geringe	10	9
	starke	2	20
	sehr starke	-	5

I.



II.



Um diese Ergebnisse in trockenen Zahlen, soweit sie die Sekundärdentinanlagerung betreffen, etwas zu veranschaulichen und sie gewissermaßen zu belegen, wurden von den gesamten in Frage kommenden Zahnschliffen schematisierte Zeichnungen angefertigt, die vorstehend auf Seite 15 abgebildet sind. In diesen Illustrationen sind die Amalgamfüllungen schwarz, die Unterfüllungen in schwarzen und die Ausdehnung der Pulpa in roten Umrissen dargestellt. Für die beobachtete Anlagerung von Sekundärdentin wurde die Farbe gelb gewählt. Die Abbildungen sind entsprechend der vorangegangenen Tabelle in zwei Gruppen I und II untergeteilt worden.

Wie nun aus der zahlenmäßigen Gegenüberstellung und den Abbildungen hervorgeht, sind die Unterschiede in der Wirkung und den Folgen zwischen einer ohne und einer mit Unterfüllung gelegten Amalgamfüllung sehr offenkundig. Hierbei sollen sich die Ausführungen auf die mikroskopischen Befunde beschränken, ohne auf die möglichen Ursachen und evtl. Fehlerquellen näher einzugehen, die im Kapitel Diskussion noch eingehend zu behandeln sein werden. Vorausgeschickt sei ferner, daß sich die Untersuchungen mit den Veränderungen und dem Zustand des Pulpengewebes, vornehmlich der Odontoblasten, nicht befaßten.

Wenn nun entsprechend der Übersicht zuerst die aufgetretenen Verfärbungen beleuchtet werden, wohlgemerkt nur die grünlich-schwarzen durch Diffusion von Amalgamteilchen entstandenen, so finden sich bei der Gruppe I die Hälfte völlig unbeeindruckt, während es bei der Gruppe II etwa der 10. Teil ist. Entsprechend verschiebt sich das Verhältnis der aufgetretenen Verfärbung. So kann einwandfrei festgestellt werden, daß ohne Unterfüllung gelegte Amalgamfüllungen meistens eine Verfärbung der Zahnhartsubstanzen hervorrufen, wobei vielleicht noch zu betonen wäre, daß die geringen Verfärbungen hierbei im Vordergrund stehen.

Völlig anders erweist sich das Verhältnis der unter den Füllungen aufgetretenen Karies. Hierbei ergeben die Zahnschliffe einen ungefähr gleich starken Befall der Füllungen mit und ohne Unterfüllung. Alle drei Unterabteilungen der Übersicht halten sich prozentual in etwa das Gleichgewicht. Anscheinend wirkt sich also weder das Amalgam noch der Phosphatzement besonders kariesshemmend aus.

Nun zu der eigentlichen Problemstellung, nämlich der Sekundärdentinanlagerung. Wie aus der Übersicht hervorgeht, konnte bei Unterfüllungen in den weitaus meisten Fällen kein oder nur wenig Sekundärdentin festgestellt werden. Unter Amalgam hingegen wiesen nur 10,5 % keine Neuanlagerungen auf. Jeder achten Fül-

lung der ersten Gruppe mit viel Sekundärdentin stehen 65,8 % der zweiten Gruppe gegenüber. Hiervon weisen 13,2 % sogar sehr viel auf, was unter Unterfüllungen gar nicht zu beobachten war. Hieraus geht hervor, daß unter Amalgam in nahezu jedem Fall eine deutliche, oft sehr massive Anlagerung von sekundärem Dentin stattgefunden hat. Bei Unterfüllung war aber die Quantität der Neubildung meist gering, wenn es überhaupt dazu kam. Demnach fördert also Amalgam die Sekundärdentinbildung.

Diese Feststellung soll nun außerdem noch an Hand einiger Bilder belegt werden. Zu jedem Foto wurde eine entsprechende Skizze angefertigt.

Auf Abbildung 1 sieht man eine große zentrale sowie eine kleinere Amalgamfüllung am Zahnhals. Beide haben keine Unterfüllung. Die genaue Begrenzung und das Ausmaß der Sekundärdentinbildung unter ersterer ist schwer auszumachen. Mehr interessiert hier die zweite Füllung. Genau dem Verlauf der Dentinkanälchen entsprechend, die unter der Amalgamfüllung liegen, ragt eine deutliche Vorwölbung von Ersatzdentin ins Pulpenlumen hinein.

Noch eindrucksvoller ist die massige Anlagerung auf Abbildung 2. So ist unter der approximalen, auch ohne Isolation gelegten Füllung nicht nur das ganze darunterliegende Pulpenhorn ausgefüllt, sondern es kann ebenfalls noch eine Vorwölbung ins Cavum wahrgenommen werden. Während sich die Anlagerung am Pulpendach langsam verjüngt, ist sie seitlich scharf abgegrenzt. Dies entspricht wiederum genau dem Ausmaß der Füllung, da sie infolge des abgerundeten Zahnquerschnitts approximal weiter cervical reicht als auf dem Schliff sichtbar ist. Demgegenüber ist das zweite Pulpenhorn völlig uneindruckt.

Bei Abbildung 3 ist die große, fast die halbe Zahnkrone einnehmende Füllung beim Schleifvorgang leider herausgebrochen. Die Unterfüllung wurde auch hier nicht gelegt. Entsprechend den beeindruckten Dentinkanälchen kann unter dem Amalgam wieder eine deutliche Anlagerung und Vorwölbung von Sekundärdentin gesehen werden, im Gegensatz zur gegenüberliegenden Pulpenwand.

Auf Abbildung 4 ist ein Zahn mit einer zentralen Amalgamfüllung dargestellt. Das ganze darunterliegende Pulpenhorn ist wiederum mit Sekundärdentin ausgefüllt, da die frühere Ausdehnung der Pulpa noch erkennbar ist. Wenn auch bei dem Schnitt vergleichsweise ein zweites Pulpenhorn nicht getroffen wurde, ist doch die Anlagerung ganz offenkundig und eindrucksvoll. Besonders augenfällig kann hier noch die starke Verfärbung des Dentins wahr-

genommen werden.

Die folgenden zwei Abbildungen sollen nicht nur zu den Füllungen mit Unterfüllung überleiten, sondern die Auswirkungen von Amalgam und Unterfüllung an einem Zahn veranschaulichen.

So sieht man auf Abbildung 5 eine sehr große okklusal-approximale Füllung mit einer unvollständigen Unterfüllung. Nur der okklusale Teil weist eine Zementisolation auf. Interessanterweise kann nun genau dem Abschnitt ohne Unterfüllung entsprechend eine Sekundärdentinbildung gesehen werden, die an ihrem untersten Ende wiederum eine Vorwölbung bildet. Demgegenüber ist am Pulpendach, wo sich der Zement auswirkt, nichts festzustellen.

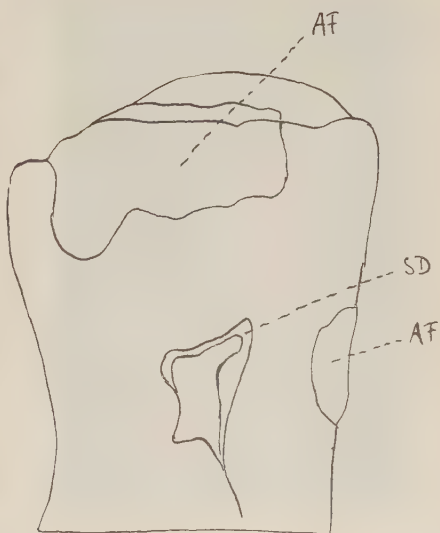
Als ebenso eindrucksvoll erweist sich Abbildung 6. Der stark abradierte Molar ist mit einer zentralen Amalgamfüllung versehen, wobei nur der tiefergehende Teil mit einer Unterfüllung ausgestattet ist. Nun wurde entlang des ganzen Pulpendaches ein Saum von Sekundärdentin angelagert. Ganz augenfällig hat aber unter dem Teil, der keine Zementunterlage aufweist, eine stärkere Produktion stattgefunden, da hier der Saum breiter hervortritt. Hierbei ist noch besonders zu betonen, daß die Unterfüllung der Pulpa weitaus näher gelegen ist und der zementfreie Teil nur minimal ins Dentin hineinreicht. Trotzdem blieb letzterer nicht wirkungslos.

Auf Abbildung 7 erscheint nun eine Amalgamfüllung mit starker vollständiger Zementunterlage. Wenn auch das Pulpenlumen nur klein und von allen Seiten eingengt erscheint, so ist doch keinerlei Sekundärdentinanlagerung unter dem Zement festzustellen.

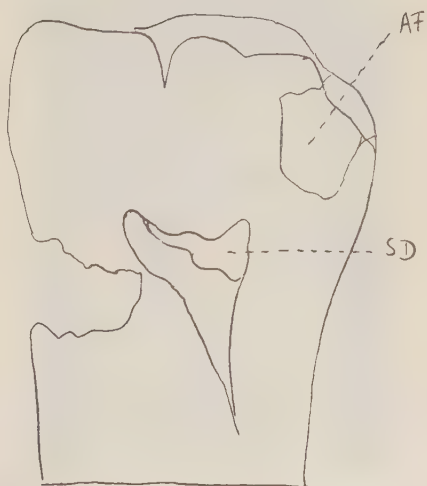
Die Abbildung 8 zeigt den nämlichen Befund und bestätigt die Untersuchungsergebnisse. Auch hier liegt eine einheitliche Unterfüllung unter dem Amalgam. Wiederum hat keine Sekundärdentinproduktion stattgefunden. Das ganze Pulpenhorn erweist sich als völlig unbeeindruckt. Es kann keinerlei Anzeichen einer Dentinneubildung, wie unter dem blanken Amalgam, gefunden werden.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß bei der mikroskopischen Untersuchung der Zahnschliffe einwandfrei festgestellt werden konnte, daß Amalgam die Sekundärdentinanlagerung fördert. Demgegenüber strahlt Zement keine oder nur geringe Impulse dieser Art aus.

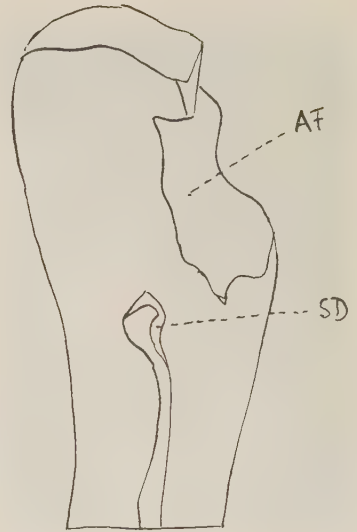
1.



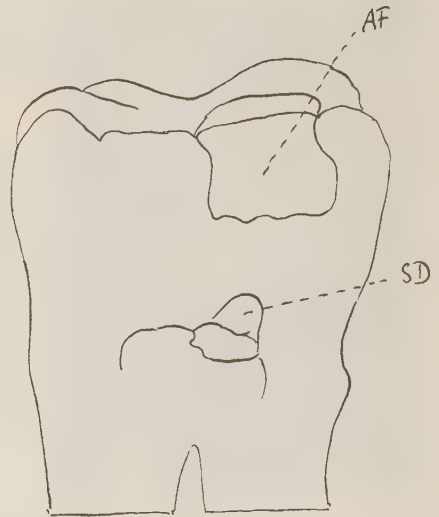
2.



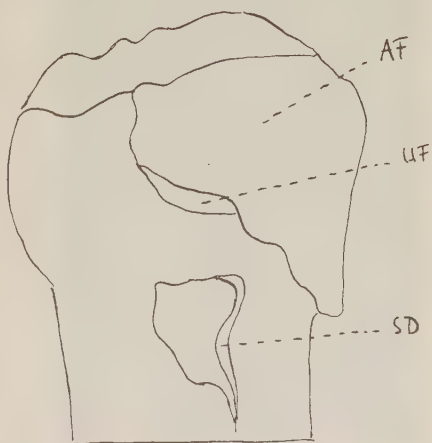
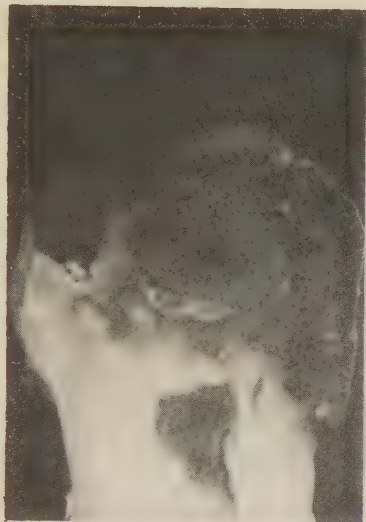
3.



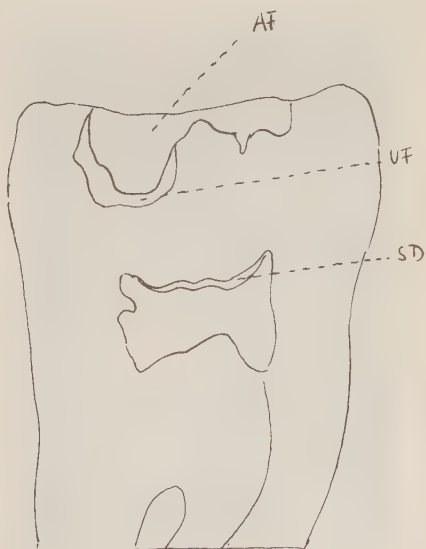
4.



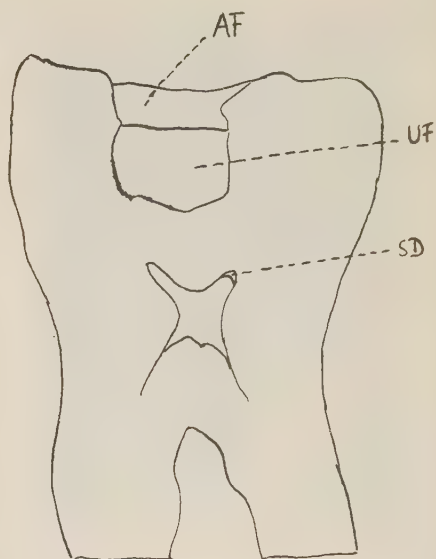
5.



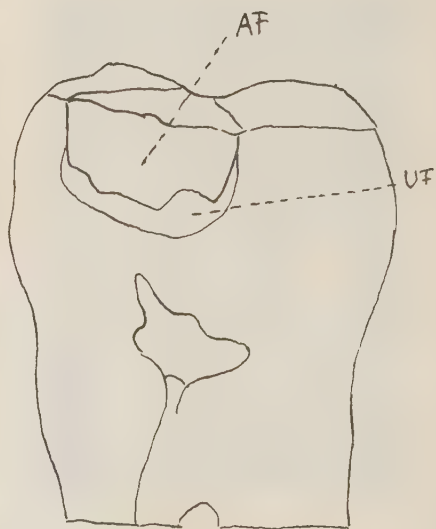
6.



7.



8.



III. Vergleiche der Untersuchungsergebnisse mit der in- und ausländischen Literatur

Die erste umfassende Arbeit mit großen Versuchsreihen, die zu erreichen war, stammt aus der ungarischen Literatur und führt auf das Jahr 1929 zurück. Der Verfasser ist Hattyasy (24). Er führte zunächst die von Wustrow (25) und Rebel (26) gemachten Versuche an, wobei ersterer die Auswirkungen von Zink- und Aluminiumphosphat-Zementen prüfte und unter beiden atrophische Veränderungen, Kalkablagerungen und degenerative Veränderungen in der Odontoblastenschicht feststellte. Rebel führte seine Versuche an Katzen aus. Er fand unter Amalgam einzelne Odontoblasten vakuolig entartet, unter Phosphatzement Gefäßerweiterung und kapilläre Blutungen neben der Vakuolenbildung.

Hattyasy führte seine Versuche an Hunden durch und belegte seine Ergebnisse mit sehr eindrucksvollen Bildern. Er präparierte Kavitäten an Molaren und Praemolaren und füllte diese sofort ohne andere Einlagen oder Isolierungen mit landesüblichen Erzeugnissen, nämlich stabilem Gold-Amalgam, Howard'schem Zink-Phosphat-Zement und vergleichsweise Ash'schem Silikat-Zement. Der weitere Verlauf der Versuchsreihe von der Tötung der Tiere, über die Fixierung und Anfertigung von Schliffen verlief wie bereits im Kapitel B III angeführt. So kann hier gleich zu den von ihm gefundenen Veränderungen an den nach vielerlei Methoden gefärbten Schliffen übergegangen werden, wobei das für uns unwichtige Silikat außer acht gelassen werden soll. An sieben Hunden hat Hattyasy insgesamt 22 Zähne präpariert. Er legte sieben Amalgamfüllungen, von denen er 1 eine, 4 zwei und 2 acht Wochen beließ. Mit Phosphatzement füllte er sechs Zähne, von denen 1 zwei, 3 vier und 2 acht Wochen auf die Pulpa einwirken konnten.

Unter Amalgam fand er nach 1 und 2 Wochen deutliche Veränderungen. Die Pulpa lebte auf jeden Fall noch; in 2 Fällen, wo die Füllungen am pulpen nächsten waren, hatte eine sehr starke Sekundärdentinbildung stattgefunden. Ferner wies die Pulpa eine geringe Hyperaemie auf mit kleinen Blutungen und seröser Durchtränkung. Nach 8 Wochen fand er bei zwei weiteren Fällen jeweils eine chronische Entzündung: "trübe Verdickung der Odontoblasten", aber auch eine große neue Sekundärdentinschicht. Die anderen Pulpazellen hatten ihre Aktivität erhalten. Zwischen die Odontoblasten waren an manchen Stellen Lymphozyten eingelagert, sonst seröse Durchtränkung, Verkalkung und einige Plasmazellen. An der Wurzelspitze waren Oedeme und ebenfalls einige Plasmazellen sichtbar.

Weitaus eindrucksvoller waren die Befunde unter Phosphatzement: Schon nach 2 Wochen war eine starke Hyperaemie aufgetreten sowie Verkalkungen. Die Odontoblasten waren durchweg gesund, direkt unter der Füllung aber wesentlich kleiner. An dieser Stelle war keine neue Dentinbildung feststellbar. Die Pulpa hatte ihre normale bindegewebige Struktur verloren und wies viele kleine und große Plasma- und Rundzellen auf. Ferner fand Hattayas erweiterte Gefäße und ausgepreßte rote Blutkörperchen. Nach 4 Wochen waren die Befunde mannigfacher. So war in einem Fall der größte Teil der Pulpa verschwunden, der Dentinwand lagen in mehreren Schichten kleine flache bindegewebige Zellen auf, die zur Pulpa zu von einer schmalen anscheinend hyalinen Schicht begrenzt wurden. Dazwischen waren verstreut bindegewebige Zellen zu sehen. Die Pulpa war also zum größten Teil zugrunde gegangen, hatte aber eine wenn auch schmale Schicht neuen Dentins gebildet. In einem anderen Fall war der betroffene Teil der Pulpa offensichtlich langsam abgestorben, denn das ganze Lumen füllte eine Blutung aus, vermischt mit Plasmazellen. Die Odontoblasten waren größtenteils unverändert. Auch im Wurzelkanal und um die Wurzelspitze war eine Blutung nachzuweisen. Nach 8 Wochen war die Pulpa unter einer großen Zementfüllung in toto abgestorben. Um die Wurzelspitze war ein Entzündungsherd zu finden, wobei die Infiltration vorwiegend aus Plasmazellen bestand. Unter einer kleinen Füllung lebte zwar die Pulpa teilweise noch, wies aber wiederum Hyperaemie, Blutungen und retikuläre Atrophie auf.

Zusammenfassend fand Hattayas, daß die Amalgamfüllungen auf die Odontoblasten als Reiz wirken, da die betreffenden Zellen neues Dentin gebildet hatten, das ganz ansehnliche Ausmaße annehmen konnte. Die Pulpa ist in allen Fällen vital geblieben. Demgegenüber konnte die Pulpa unter Phosphatzement besonders bei tiefen Kavitäten teilweise oder ganz absterben. Die darunter gelegenen Odontoblasten atrophierten retikulär und erzeugten kein neues Dentin, da sie ihren Charakter teilweise oder ganz verloren hatten.

Nicht ganz so eindeutig lauten die experimentellen Befunde, die Gaini (27) 1930 in Mailand veröffentlichte. Er hatte für seine Versuchsreihe ebenfalls Hunde verwandt, bei welchen er tiefe Kavitäten präparierte und dann die Zähne ohne vorherige Einlage mit Silber- und Kupferamalgam abfüllte. Nach 150 Tagen fand er keinerlei Veränderungen des Pulpengewebes. Weiterhin hatte zwar eine Anlagerung von Sekundärdentin stattgefunden, die aber seiner Meinung nach lediglich auf die künstliche Läsion zurückzuführen sei, da er sie nach mikroskopischer Untersuchung auch bei den Kontrollzähnen feststellen konnte.

Auch Manley (28) untersuchte im Tierexperiment an Hunden die Wirkung

einiger Füllungsmaterialien auf die Pulpa. Er behandelte jeweils die Eckzähne einer Kieferhälfte und zog dann die andere Hälfte zu Vergleichen heran. Die Kavitätenpräparation erfolgte unter Cofferdam und mit besonderer Beachtung der Hitzevermeidung. Nach 10 - 12 Monaten wurden die Tiere getötet, die Zähne entfernt, gefärbt und geschnitten. Bei Silberamalgam hatte nun eine gewisse Veränderung stattgefunden, indem regelmäßig entwickeltes Sekundärdentin gebildet worden war. Auch er fand ferner, daß die Odontoblasten etwas geschrumpft waren, ohne aber ihre Fibrillen verloren zu haben.

Aus dem Jahre 1947 datiert eine Arbeit von Shroff (29). Seine Versuchsreihe bezog sich zwar auf Porzellanfüllungen ohne und mit den verschiedenen Materialien als Unterlage oder Abdichtung der offenen Kanäle, jedoch füllte er vergleichsweise auch einige Zähne mit Silberamalgam ohne Unterfüllung. Letztere Ergebnisse seien hier ausgewertet. Der Verfasser veranschaulichte seine mikroskopischen Befunde mit Fotos. So zeigt er auf Figur 135 eine Kavität, die 1,4 mm tief ist. Die Füllung war 3 Wochen belassen worden. Auf Figur 136 erläutert er (bei stärkerer Vergrößerung) die Unterschiede der Odontoblasten unter den angegriffenen Kanälchen und den nicht angegriffenen auf der Gegenseite des Pulpenhorns. Man sieht die beeindruckten Odontoblasten etwas in ihrer Größe reduziert, ferner eine dünne "odontogenetische" Zone unter den geschädigten Kanälchen. Die Pulpa zeigt Hyperaemie. Mit 500-facher Vergrößerung zeigt Figur 137 obige Befunde noch augenfälliger. Hier sieht man ferner Kapillaren in der Odontoblastenschicht und eine Barriere von Verkalkungen, die die Enden der Kanälchen des Primärdentins entlang der ganzen beschädigten Fläche verriegelt. Von einigen Odontoblasten sind die Fortsätze regeneriert; die Zone der Odontogenese in diesem Bereich ist röhrenförmig. Andere haben sich von ihren Fortsätzen getrennt und diese nicht neu gebildet. Letztere Zellen trennt eine Zone unkanalisierten Mutterbodens vom primären Dentin; das Resultat ist also die Produktion einer schmalen Zone irregulären Dentins, deutlich verschieden von dem Produkt normaler Odontoblasten.

Ähnliche Reaktionen fand Shroff bei einer Füllung von 1,5 mm Tiefe ebenfalls nach einem Zeitraum von 3 Wochen. Hier scheinen die Odontoblasten größeren Schaden erlitten zu haben. Dennoch haben sie eine beträchtliche Schicht von irregulärem Dentin abgelagert.

Weiterhin fanden auch Seelig und Lefkowitz (30) bei ihren Experimenten mit Amalgam keine entzündliche Reaktion in der Pulpa. Sie standen auf

dem Standpunkt, daß Silberamalgam ein so neutrales Material sei, daß sie es bei ihren Kontrollzähnen bei Untersuchungen anderer Füllungsmaterialien verwendeten.

Aus neuerer Zeit, nämlich aus dem Jahre 1955, stammen die Aufzeichnungen des Schweden Nygaard-Östby (31). Seine Untersuchungen umfassen 20 Zähne von Kindern zwischen 9 und 13 Jahren sowie 8 von Erwachsenen mit 36 bis 56 Jahren. Er legte Akrylate und Amalgam direkt auf das Dentin auf. Die Kavitäten wurden vorher noch mit 96 % Alkohol ausgewaschen. Nach einer Beobachtungszeit von 1 - 10 Monaten wurden die Zähne extrahiert und histologisch untersucht. Unter Amalgam fand er nun in keinem Fall irgendwelche pathologischen Veränderungen in der Pulpa. Es konnte aber eine vermehrte Funktion der dentinbildenden Zellen beobachtet werden, welche zu den Dentinkanälchen gehörten, die unmittelbar mit Amalgam in Berührung waren. Die Sekundärdentinzone in diesem Gebiet war nämlich stärker als wo anders in der Pulpa. Die Odontoblasten entlang dieser verdickten Prädentinzone waren zusammengepreßt, aber in ihrer Zahl nicht verringert. Im Gegensatz zu Shroff fand er, daß die Sekundärdentinzone die gleiche Struktur aufwies, wie das oberflächliche, primäre Zahnbein. Er sehe einen Zusammenhang zwischen der Verdichtung der Prädentinzone und der Tiefe der Kavität. Von Ausschlag sei ferner die Dauer des Belassend der Füllung.

Zusammenfassend vertreten also alle Autoren die Ansicht, daß es sich bei Amalgam um ein relativ indifferentes Füllungsmaterial handelt, welches die Sekundärdentinanlagerung fördert. Demgegenüber zieht Phosphatzement mitunter ein Absterben der Pulpa mit periapikalen Veränderungen nach sich, wobei keine oder nur geringe Dentinneubildung festzustellen ist.

D: DISKUSSION: KRITISCHER AUSBLICK AUF DIE PRAKTISCHE BEDEUTUNG

Wie eingangs erörtert wurde, kann eine Sekundärdentinanlagerung an der Pulpenwandung stattfinden, ohne irgendwelchen erkennbaren Grund oder äußeren Reiz, wobei von Prädilektionsstellen gesprochen wird. Weiterhin findet man aus unergründlichen Ursachen oder Beziehungen, gewissermaßen willkürlich, bei dem einen Zahn oder Individuum eine stärkere Ablagerung als bei einem anderen. Weitaus häufiger jedoch sind die unmittelbaren Reize, die, seien sie chemischer oder physikalischer Natur, die Dentinausläufer der Odontoblasten treffen und ihrerseits eine Bildung von einer mehr oder minder starken Sekundärdentinschicht hervorrufen. Die Beurteilung, welcher Reiz eine derartige Anlagerung nach sich zieht, stößt auf einige Schwierigkeiten. Dies trifft auch auf die möglichen Impulse zu, die von Amalgam- und Phosphatzementfüllungen ausgehen.

So weisen alle experimentellen Versuchsreihen gewisse Fehlerquellen und Unzulänglichkeiten auf, die nicht übersehen werden dürfen. Bei Benützung desselben Füllungsmaterials und Untersuchung der Zähne nach der gleichen Zeit sind die Veränderungen in den verschiedenen Zähnen niemals einförmig. Nach Ansicht vieler Autoren besteht ein Zusammenhang der histologischen Veränderungen mit der Tiefe und Gestalt der Kavität. In Tiefen, wo die Pulpa von den Reizen auf großer Fläche getroffen wird, sind die Veränderungen größer. Ferner findet die Präparation nie unter den ganz gleichen Bedingungen statt. Neben der auftretenden Wärme beim Schleifakt wird das Ausmaß der mechanischen Verletzung durch das Bohren eine Rolle spielen. Auch kann das Füllungsmaterial und seine Zubereitung verschiedene Qualitäten in sich tragen. Ferner wird der Zustand der Pulpa vor dem Legen der Füllung von Wichtigkeit sein.

So ergaben die Untersuchungen von Weider, Schour und Mohammed (32) an Rattenmolaren, daß nach jeder Kavitätenpräparation Sekundärdentin gebildet wird. Das Ausmaß des reparativen Dentins aber hängt ihrer Meinung nach in erster Linie von der Tiefe der Kavität, weit weniger vom Füllungsmaterial ab.

Auf dem gleichen Standpunkt steht Gaini. Er findet zwar bei seinen Experimenten an Hundezähnen mit Amalgam eine deutliche Bildung von Sekundärdentin, führt dies aber lediglich auf die künstliche Läsion zurück, da auch die Kontrollzähne eine Anlagerung aufwiesen.

Die Ausführungen von F i s h allerdings, die K o c h anführt, konnte H a t t y a s y nicht ganz bekräftigen. F i s h war bestrebt, in seinen Schliffen nachzuweisen, daß sich bei jeder Eröffnung von Dentinkanälchen dieselben infolge der Reizwirkung an der Grenze vom neugebildeten sekundären zum primären Dentin sperren und das periphere Zahnbein abstirbt. H a t t y a s y hingegen konnte die Fortsätze der Odontoblasten meist gut nachverfolgen, auch war die alte Dentinfärbung noch normal geblieben.

H a t t y a s y aber weist auf die Schwierigkeiten hin, experimentelle Ergebnisse, die im Tierversuch gewonnen wurden, auf menschliche Verhältnisse zu übertragen. So weist z. B. der Aufbau des Hunde- und Menschenzahnes Verschiedenheiten auf, wie die Härte des Dentins und der Aufbau der Wurzelspitze.

Nygaard-Östby vertritt die Ansicht, daß experimentelle Untersuchungen am Menschen nicht nur an jugendlichen Zähnen durchgeführt werden sollen, die von Funktion, Karies und Füllungen noch nicht beeinträchtigt wurden. In diesen manifestierten sich die Reaktionen klar und deutlich. Das Dentin von 9 - 13 Jahre alten Zähnen ist permeabler als bei Erwachsenen, da die Kanälchen im Laufe der Zeit "verhärten". Die Pulpa jugendlicher Zähne ist noch besser durchblutet und ernährt, das Gewebe ist voluminös und die Foramina groß, so daß kaum eine Stauung eintritt. Daher sollen die Untersuchungen sowohl an Kindern als auch an Erwachsenen durchgeführt werden.

Ein Einwand, der oft gegen die Prüfung von Materialien in experimentell präparierten Kavitäten gemacht wird, ist der, daß die Läsion in der Praxis ja durch eine Karies verursacht wurde. Die Pulpa befand sich hierbei in einem Reizzustand. Sie soll also durch die Füllung von der Reaktion, die durch den kariösen Prozeß hervorgerufen wurde, geschützt und nicht etwa noch zusätzlich belastet werden.

Diesem Problem wurde insofern begegnet, als für die hier geschilderten Untersuchungen nur extrahierte Zähne verwendet wurden, die bereits Füllungen aufwiesen. Es handelt sich also um keine künstlichen Läsionsstellen, sondern hier war der Füllung eine Karies vorangegangen. Freilich weist diese Versuchsreihe auch einen Mangel auf, da nicht mehr festzustellen war, wie lange die einzelnen Füllungen schon bestanden und ihre Impulse auf die Pulpa ausstrahlten. So werden die Veränderungen unter einer Füllung, die vor Jahren oder gar Jahrzehnten gelegt wurde, anders beschaffen sein, als gegebenenfalls nach einigen Tagen. Trotzdem wird aber ein aus allen untersuchten Füllungen gezogener Mittelwert ein durchaus stichhaltiges Resultat darstellen. Ein Einwand, der hier angeführt werden kann, ist der, daß das Sekundärdentin ja schon vorher als Reaktion auf

die Karies angelagert worden sein kann. Sicher trifft das bis zu einem gewissen Grade auch zu; dann müßte aber unter Amalgamfüllungen und Phosphatzement jeweils gleich viel zu finden sein. Dies ist aber nicht der Fall.

Wenn nun Gaini und andere Autoren die Sekundärdentinanlagerung unter Füllungen lediglich auf die mechanischen Reize bei der Präparation zurückführen, so darf doch der zweifellos vorhandene chemische Einfluß der Füllung nicht übersehen werden. Eine gesunde Pulpa wird in der Lage sein, sich durch Anlagerung von sekundärem Dentin selbst zu schützen, wenn sie durch die vorangegangene Karies und die Präparation nicht zu sehr geschädigt wurde. Zweifellos ist aber eine Füllung durchaus in der Lage, fördernd oder hemmend diesen Vorgang zu beeinflussen. Das Thema dieser Arbeit nun war es, die Wirkung von Amalgam einerseits und Phosphatzement andererseits in dieser Beziehung zu prüfen. So stellen alle angeführten Autoren wie Seelig, Lefkowitz und Shroff gleichermaßen fest, daß es sich beim Amalgam um ein neutrales Material handelt, das keinerlei entzündliche Reaktion in der Pulpa und im Periodontium hervorruft. Andere Autoren, wie Manley, Nygaard-Östby und Hattayasy, betonen ferner die milde Reizwirkung, die zu einer deutlichen Mehrablagerung von Sekundärdentin führt. Unter Phosphatzement fand z. B. auch Hattayasy häufig ein Absterben der Pulpa mit Veränderungen am Periapex. Sekundärdentin war gar nicht oder nur in geringem Ausmaß anzutreffen. Auch an Hand vorliegender Untersuchungsergebnisse wurde dieser wesentliche Unterschied klar herausgestellt. War es doch sogar möglich, an ein und demselben Zahnschliff die verschiedene Wirkung der beiden Materialien zu studieren, der wie auf Abbildung 5 und 6 nur teilweise Unterfüllung aufwies. Hier war unter Amalgam die Sekundärdentinanlagerung deutlich stärker als unter Phosphatzement.

Als Folgerung für die Praxis kann also gesagt werden: Bei jeder Präparation im gesunden Dentin wird ein Teil der Pulpa geschädigt und eine große Anzahl Dentinkanälchen eröffnet. Damit kommt das Füllungsmaterial in unmittelbarem Kontakt mit den Zellen der Pulpa. Es ist daher richtig, daß ein Material verwendet wird, das nicht nur die Integrität der Pulpa gewährleistet, sondern es ihr ermöglicht, sich von der Verletzung zu erholen, also biologische Aktivität besitzt, d. h. die Funktion der Odontoblasten fördert, die Reizdentinproduktion steigert. Die Odontoblasten müssen dazu gebracht werden, dem kariösen Prozeß, der weit in die Dentinkanälchen eingedrungen ist, eine massive Barriere von Sekundärdentin entgegenzustellen. Diesen Forderungen wird Amalgam in hohem Maße gerecht. Weiterhin befindet sich ja die Pulpa, wie schon gesagt, in einem Reizzustand. Ein Material mit destruierenden Eigenschaften

würde also zu entzündlichen Reaktionen im Pulpengewebe führen. So verlangen wir, daß das Füllungsmaterial möglichst bakterizide Eigenschaften hat. Auch diese Forderung erfüllt Amalgam, einer Arbeit von Shay, Allen und Mautz (33) zufolge. In einer Untersuchungsreihe wurden die verschiedensten Füllungsmaterialien auf ihre antibakterielle Wirkung hin untersucht. Als Testorganismen wurden *Lactobacillus casei*, *Bacillus bifementans* und *Streptococcus viridans* gewählt. Die Untersuchungen erfolgten in verschiedenen Medien, zum Teil unter Serum- bzw. Speichelzusatz. Hierbei steht das Kupferamalgam, von dem der stärkste Effekt ausgeht, an der Spitze; es folgen Kupferzement, Goldfolie und Silberamalgam.

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die Gewebsreaktion der Amalgame. So fanden Eger und Fischer (34), daß Amalgamimplantate im Knochenmark grundsätzlich von einer Bindegewebskapsel umgeben wurden. Beim Silberamalgam war diese teils schmal und das Metall reaktionslos eingehellt, teils sah man um sie erhebliche chronische Entzündungsprozesse. Beim Kupferamalgam stellten sie eine uniforme Reaktion, nämlich eine Fibro-Osteoplasie fest. Kupferamalgamimplantate konnte Effinger (35) im Knochenmark von Ratten überhaupt nicht zur Einheilung bringen. Sie lösten innerhalb von 4 - 5 Tagen starke leukozytäre Infiltrate aus und umgaben sich mit einer zystenförmigen Eiterblase, die sich allerdings histologisch als steril erwies. Gleichzeitig traten resorptive ostitische Prozesse auf, welche zur Perforation der Kompakte führten.

Leider hat die Amalgamfüllung aber auch Nachteile, die hier auch besprochen werden müssen. Als Folge der bereits besprochenen Hydrogengasbildung und Corrosion berichtet Nachlin (36) von einem sehr eindrucksvollen Phänomen. Nach einem Tag bis drei Wochen nach dem Legen einer Amalgamfüllung tritt oft ein starker stechender Schmerz völlig unerwartet auf, der wenige Sekunden bis einige Minuten dauert und Intervalle von Stunden oder Tagen aufweist. Der Schmerz entsteht aus keinem augenfälligen Grund wie Kauen, Süßigkeiten usw. Auf thermische und elektrische Reize sowie auf Klopfempfindlichkeit reagiert der Zahn völlig normal. Der Schmerz entsteht durch die übermäßige Expansion des Amalgams, das durch das nachgebende Dentin auf die Pulpa drückt. Diese Phänomene trifft man nur bei Amalgam, und zwar dann, wenn es mit Feuchtigkeit oder Schweiß verunreinigt ist.

Weitaus unangenehmer ist die ausführlich geschilderte Verfärbung der Zahnhartsubstanzen, die einen gänzlich unmöglichen kosmetischen Effekt bedingt. Ferner weist das Amalgam ein gutes thermisches Leistungsvermögen auf, das die Reize in voller Stärke auf die Pulpa überträgt und so zu erheblichen Schädigungen führt. Diese Tatsachen nun begründeten die Forderung nach einer Abschränkung und Isolation der Amalgamfüllung.

So fordert Rebel (37) in seinem Referat zur Ehrenrettung der Amalgamfüllung einen Schutz der Pulpa, der nur im Zinkphosphat bestehen könne. Sei es nun, daß es als feste Unterlage oder nach der Robicsek'schen Verdrängungsmethode eingebracht wird. Nun wurde aber ausführlich besprochen, daß Phosphatzement eine Irritation der Pulpa nach sich zieht, die zu ihrem völligen Absterben führen kann. Die Pulpa ist auch nicht mehr in der Lage, eine Schutzschicht von Sekundärdentin zwischenzuschalten. Diese Tatsache wollte Rebel dadurch ausschalten, daß er teils noch eine Silargel-Guttaperchaunterlage legte, teils den Kavitätenboden mit konzentriertem Phenol beschichtete und hierauf dünnen Zahnlack auftrug. Erst später lehnte Rebel Phosphatzement ab und empfiehlt Zinkoxyd-Eugenol als Unterlage unter Amalgam.

Hennig (38) bringt in seiner Dissertation eine ausführliche Aufzeichnung der möglichen Pulpenschutzmittel, angefangen von den Pflastern über die Lacke und Imprägnierungsmittel zu den Zementen. Er widerlegt an Hand von Zahnschliffen die Auffassung anderer Autoren, daß ein Eindringen von Phosphatzement der Unterfüllung in die Dentinkanälchen zum Absterben der Pulpa führe. Durch das Eindringen würde der normale Stoffwechsel des Dentins gestört, die Odontoblastenfortsätze unter Druck gesetzt und allmählich zugrunde gehen. Dieser Störungsprozeß würde sich auch auf die Pulpa ausbreiten, was schließlich den Pulpentod zur Folge hätte. Hennig konnte jedoch in keinem einzigen Fall ein Eindringen von Phosphatzement in die Kanälchen feststellen. Auch wird von König (39) die Schuldlosigkeit der Phosphorsäure beteuert. Beim Einbringen von Phosphatzement in die Kavität könne es nicht zur Säureabgabe kommen, da dieselbe nach der Erhärtung des Zements, also nach wenigen Minuten, abgebunden sei. Trotz alledem steht die mögliche Pulpenschädigung durch Phosphatzement fest.

Aber auch unter langjährigen Amalgamfüllungen beobachtete Prader (40) manchmal eine Pulpitis. Er nannte diese Erscheinung "Spätrezidiv". Im Abstrich überwog hier immer die grampositive Mischinfektion. Oft fand er sehr viele Kariesleptotrichen sowie den *Bacillus ramosus* und *bifidus*, alles Formelemente der proteolytischen Karieszone. Ferner sah man grampositive Einzelkokken und Stäbchen, aber keine Streptokokken. Der histologische Schnitt zeigte eine engbegrenzte, unspezifische Entzündung. Zwischen Amalgamfüllung und Pulpa fand er eine schwarze, metallisch verfärbte Dentinschicht. Der auffallend kleine Infektionsbereich lag direkt unter dem verfärbten Dentin. Die Zusammensetzung der Bakterien im Infektionsbereich ließ Prader auf einen bei der Kavitätenpräparation zurückgebliebenen Rest der proteolytischen Karieszone schließen, der nach Jahren die Pulpa infizierte. Vorpostenbakterien allein

sollen nämlich nach Prader keine Entzündung der Pulpa hervorrufen. Die Meinung von Blatt (41) allerdings, unter einer Amalgamfüllung stehe jede Karies still, präzisierter Prader dahingehend, daß die Proliferation der Dentin-vorpostenbakterien gehemmt wird. Er stellt aber fest, daß auch, wenn nicht allzuviel der proteolytischen Karieszone belassen wurde, keine Spätpulpitis zu erwarten sei. Voraussetzung sei aber, daß die Schmelz-Dentin-Grenze von der Karies nicht berührt wird, die Füllung absolut dicht ist und der Schmelz keine Risse hat. Diese Bedingungen können sich natürlich mit der Zeit ändern. Die Schuld an einem evtl. Auftreten einer Spätpulpitis kann also kaum dem Amalgam zugeschoben werden.

So zeigen heute die Experimente vieler Autoren die Möglichkeit auf, Amalgam bei geringer Kavitätestiefe direkt auf das Dentin zu legen. Die Probleme bei tieferen Läsionen hat Hattysy (40) auf eine sehr elegante Weise gelöst, die an den Schluß unserer Ausführung gestellt sei. Er konnte schon 1929 an Tierversuchen zeigen, daß Amalgam die Sekundärdentinbildung stark fördert, die unter Phosphatzement in jedem Falle gering war. Ja, er konnte sogar zeigen, daß die artefiziell eröffnete Pulpa, mit Amalgam abgedeckt, in einem unvergleichlich besseren Zustand verblieb, als unter Phosphatzement. So vereinigte er die guten Eigenschaften des Amalgam mit der isolierenden Wirkung des Zements. Demgemäß empfiehlt er Amalgam als Unterfüllung bei tiefen Kavitäten, also Black I und II, aber nur, wenn vorher kein spontaner Schmerz zu verzeichnen war. Auf diese dünne Amalgamlage bringt er einen Zement als schlechten Wärmeleiter zur Isolation. Dadurch vermeidet er Kreislaufstörungen und entzündliche Vorgänge in der Pulpa. Obenauf legte er dann wieder eine Metalldeckfüllung. Diese Methode hat sich bei ihm in jahrelanger Praxis bestens bewährt.

E: ZUSAMMENFASSUNG

Von 55 frisch extrahierten Zähnen mit 66 Amalgamfüllungen sind nach entsprechender Fixierung Zahnschliffe angefertigt worden. Diese wurden mikroskopisch untersucht. Das Hauptaugenmerk lag hierbei auf der Höhe der Sekundärdentinanlagerung unter Amalgam einerseits mit, andererseits ohne Unterfüllung. Nebenbei wurde aber auch auf Verfärbungen sowie rezidive und sekundäre Karies eingegangen. Die zum Zwecke der Illustration von sämtlichen Schliffen angefertigten kleinen Skizzen wurden durch einige Fotos veranschaulicht und gewissermaßen belegt. Eine zahlenmäßige Gegenüberstellung mit Unterabteilungen je nach dem Ausmaß des Befundes ermöglichte eine klare Übersicht über die Untersuchungsergebnisse. Nach vergleichenden Besprechungen ähnlicher Befunde in- und ausländischer Autoren wurde versucht, eine praktische Bedeutung für die Behandlung herauszufinden.

Zusammenfassend können die Ergebnisse wie folgt umrissen werden:

Amalgam wirkt auf die Pulpa als milder Reiz. Im Raum unter der Füllung bilden die beeindruckten Odontoblasten neues, sekundäres Dentin. Das Pulpengewebe bleibt vital. Bei anderen Ursachen, etwa durch Karies, kann es zu Schädigungen der Pulpa und Veränderungen im periapikalen Raum kommen.

Phosphatzement ruft öfters ein totales oder partielles Absterben der Pulpa hervor. Die Odontoblasten lagern kein oder wenig Sekundärdentin ab, sondern verlieren ihren Charakter oder atrophieren reticulär. In der Pulpa können interstitielle Blutungen, Infiltrationen mit Plasmazellen und Lymphozyten entstehen, jedoch fehlt stets die Ansammlung von Leukozyten. Um die Pulpenvenen findet man Verkalkungen. Charakteristisch ist ein chronischer Verlauf der Veränderungen.

F: LITERATURNACHWEIS

- 1) Meyer, W.
Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Band I und II,
Urban-Schwarzenberg-Verlag, 1958 und 1955, München und Berlin
- 2) Reich, P.
Das irreguläre Dentin der Gebrauchsperiode.
Habil.-schrift, Marburg 1906
- 3) Simon, H.
Histologische Untersuchungen über die Bildung von Sekundärdentin an
stark abradierten Zähnen beim Menschen. - Med. Diss. Halle 1955
- 4) Bödecker, C.F. W.
Anatomy and pathology of the teeth,
Philadelphia, SS-White Dental Mfg. Co 1894 p.87
- 5) Fischer, G.
Normale und pathologische Biologie des Zahnsystems.
Erich - Schmidt - Verlag, München, 1953
- 6) Csernyei
Untersuchungen über die physikal.-chem. Eigenschaften der Zahnpulpa. -
Stomatologie 1932
- 7) Eggers - Lira
Die Enzyme des Speichels und der Zähne.
Karl - Hauser - Verlag, München 1949
- 8) Ricker, G.
Pathologie als Naturwissenschaft.
Julius - Springer - Verlag, Berlin 1924
- 9) Zerosi, C.
Die Modifikation der Odontoblasten in Bezug auf ihre Biologie und auf die
Dentinneubildung. Rass. Trim. Odont. 1, 1937
- 10) Vaitkus, W.
Über die Bildung von Sekundärdentin. Med. Diss. Basel 1951
- 11) Gottlieb, B.
Developement and Physiologic Purpose of the Organic Matter of Enamel. -
I. Dent. Res. 1, 1946

- 12) Münch, I.
Die harten Neubildungen der Zahnpulpa. D. Z. Nr. 64
- 13) Fischer, G.
Biologie der Pulpa des menschlichen Zahnes.
I. A. Barth-Verlag, Leipzig, 1955
- 14) Essl, R.
Die Entwicklung der Amalgamfrage in Amerika in den letzten 2 Jahren.
Med. Diss. München, 1956
- 15) Rebel, H. H.
Konservierende Zahnheilkunde.
Karl - Hauser - Verlag, München, 1947
- 16) Gräff, S.
Ablauf und klinische Bedeutung des Stoffwechsels von Schmelz und Dentin
in morphologischer Sicht. - Deutsche ZMK-Heilkunde 29, H3, 1958
- 17) Massler, M./Barker, T. K.
Action of Amalgam on Dentin. - I. A. D. A. 47, H4, 1953
- 18) Dwinelle, W. H. N. Y.
Odontolog. Soc. Trans. D. - Cosmos 23, 427, 1881
- 19) Applebaum, E.
Theeth als Vital Organs. - I. D. Res. 9:487, 1929
- 20) Miller, E. C.
Amalgam und die Mängel bei seiner Verarbeitung.
I. A. D. A. 33 : 349, 1946
- 21) Schoonover, I. C./Sounder, W.
Corrosion of Dental Alloys. - I. A. D. A. 28, 1941
- 22) Hattyasy, D.
Die Einwirkungen verschiedener Substanzen auf das Pulpengewebe.
I. Internat. Stomatologen-Kongreß, Budapest, 1931
- 23) Koch
Experimentelle Untersuchungen über die Biologie der menschlichen Zahnpulpa. - V. f. Zhk. 1922
- 24) Hattyasy, D.
Studien über die Auswirkungen mancher Zahnfüllmaterialien auf die Pulpa.
Fogorvosi Szemle XXII, Nr. 10, 801; 1929

- 25) Wustrow
Pulpenschädigungen unter Zementen und ihre Bedeutung für die proth. und kons. Zahnheilkunde. - Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde, 1922
- 26) Rebel, H.H.
Untersuchungen über die Einwirkung der Zink- und Aluminiumphosphatzemente auf Zahnbein und Pulpa. - Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde, 1923
- 27) Gaini, B.
Über die Auswirkungen der Silber- und Kupferlegierungen auf die Zahnpulpa der Tiere. - Nuova Rass. Odontoiatr. XI. Nr. 11, 702; - 1930
- 28) Manley, E. B.
A preliminary investigation into the reaction of the pulp to various filling materials. - Brit. dent. J. 60, H7, 321; - 1936
- 29) Shroff, F. R.
Effects of filling materials on the dental pulp.
New Zealand Dent. Journal Vol. 43, Nr. 213, - 35; - 1947
- 30) Seelig, A./Lefkowitz, W.
Pulp Response to Filling Materials.
State Dent. Journ. Vol. 16, 540. - New York 1950
- 31) Nygaard - Östby, B.
Pulpreaksjoner ved fyllinger av selopolymeriserende plastmaterialer og av amalgam. - Odontologisk Tidsskr. 63, H2, 173, - 1955
- 32) Weider, St. R./I. Schour und C. I. Mohammed
Reparative dentine following cavity preparation and fillings in the rat-molar. Oral Surg., S. Louis 9, H2, 221, - 1956
- 33) Shay, E. D./T. I. Allen und R. F. Mautz
The antibacterial effects of some dental restorative materials. - I. Dent. Res. 35, H1, 25. - 1956
- 34) Eger, W./C. H. Fischer
Tierexperimentelle und klinische Untersuchungen über die Gewebsreaktionen der Amalgame in unmittelbarem Kontakt mit dem Knochenmark.
DZZ 11, 498. - 1956

- 35) Effinger, A.
Vergleichende histologische Untersuchungen über die Knochenmarksreaktion nach der Implantation von cuprooxydhaltigen Zementen und Kupferamalgam. - DZZ 9 II, H22, 1289. - 1914
- 36) Nachlin, I. I.
Pain associated with amalgamrestorations.
I. A. D. A. 48, H3, 284. - 1954
- 37) Rebel, H. H.
Ist das heutige Amalgam wirklich so ungenügend?
D. Z. Wochenschrift 41, H29, 695. - 1938
- 38) Hennig, H.
Über die Bedeutung der Unterfüllung und ihre Auswirkung auf die Zahnpulpa. - Med. Diss. Greifswald, 1957
- 39) König
Phosphatzement als Unterfüllung. - D. Z. Wochenschrift 40, 674. - 1937
- 40) Prader, F.
Diagnose und Therapie des infizierten Wurzelkanals.
Benno-Schwabe-Verlag, Basel. - 1949
- 41) Batt, H.
Schweiz. Monatsschr. f. Zahnhk. 52, 753; - 1942
- 42) Hattyasy, D.
Amalgam als Unterfüllung.
Z. für Stomatologie 36, H5, 280. - 1938

Es sei mir am Schluß meiner Arbeit gestattet,

Frau Professor Dr. med. Dr. med. dent.

Maria Schug-Kösters

meinen verbindlichsten Dank für die Überlassung
des Themas zu sagen.

L e b e n s l a u f

Als Sohn des Bundesverwaltungsrates Otto Jagella und seiner Ehefrau Rita, geb. Praus, bin ich am 23. Juli 1933 in Oppeln/Oberschlesien geboren.

Vom April 1940 ab besuchte ich die Volksschule in Hirschberg/Riesengebirge und vom September 1943 ab das Human. Gymnasium, ebenda. Im März 1945 wurden wir nach Gsenget, Kreis Wolfstein, evakuiert. Dort besuchte ich zunächst die Volksschule in Neureichenau und ab Januar 1946 das Human. Gymnasium in Passau/Ndb. Im Zuge der Versetzung meines Vaters nach Oberbayern wechselte ich die Schule und legte meine Reifeprüfung am 13. 7. 1954 am Wittelsbacher Gymnasium in München ab.

Mit dem Wintersemester 1954/55 begann ich das Studium der Zahnheilkunde an der Universität zu München. Ohne den Studienort zu wechseln, legte ich hier am 7. Mai 1956 die zahnärztliche Vorprüfung und am 17. Juni 1959 die zahnärztliche Prüfung ab. Gleichzeitig erhielt ich meine Bestallung als Zahnarzt.

Seit November 1959 bin ich als Assistent in der freien Praxis tätig.

